

Ville Ruuskanen

WLAN-verkon suunnittelu ja asennus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tietotekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

4.5.2013

Tekijä Otsikko	Ville Ruuskanen WLAN-verkon suunnittelu ja asennus
Sivumäärä Aika	31 sivua 4.5.2013
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Tietotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tietoliikennetekniikka
Ohjaajat	Projektipäällikkö Janne Lomma (Corenet Oy) Yliopettaja Antti Koivumäki
<p>Tässä insinöörityössä esitellään WLAN-verkon suunnittelu radiopeittomittaustekniikalla käyttäen AirMagnet-ohjelmaa. Työssä toteutetaan WLAN-verkko mahdollisimman vähillä tukiasemilla saavuttaen kuitenkin verkolle asetetut tavoitteet siirtokapasiteetista sekä signaalin voimakkuudesta. Radiopeittomittauksissa käytettiin kannettavaa tietokonetta, johon oli asennettu AirMagnet 802.11a/b/g/n -verkkokortti ja AirMagnet Survey Pro -ohjelma. Ohjelma mittaa signaalin voimakkuuden, jonka lisäksi se laskee WLAN-verkolle laskennallisen siirtokapasiteetin. Suunnittelun pohjana oli asiakkaalta saadut esitiedot halutuista kuuluvuusalueista.</p> <p>Lisäksi työssä kerrotaan lyhyesti WLAN-verkon historiasta, käyttötarkoituksista sekä sen sovelluksista. Työssä käydään läpi langattomien verkkojen IEEE 802.11 -standardeja ja niiden tärkeimpiä ominaisuuksia, kuten siirtonopeudet sekä yhteensopivuudet vanhempien standardien kanssa.</p> <p>Työhön kuului myös WLAN-verkon toteutus suunnitelman mukaisesti. Asennuskappaleessa kerrotaan muun muassa, kuinka RJ45-liitin on suojattavissa asennuskouruun niin, ettei liitintä voida epähuomiossa tai tahallisesti irrottaa, mikä aiheuttaa näin WLAN-verkon katoamisen.</p>	
Avainsanat	WLAN, Suunnittelu, Asennus

Author Title	Ville Ruuskanen WLAN Planning and Installation
Number of Pages Date	31 pages 4 May 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information Technology
Specialisation option	Telecommunications
Instructors	Janne Lomma, Project Manager (Corenet Oy) Antti Koivumäki, Senior Lecturer
<p>This Bachelor's Thesis covers the planning of a Wireless Local Area Network (WLAN) by using AirMagnet software. The WLAN was executed by using as few access points as possible, yet reaching the goals set for the network in terms of transfer capacity and signal strength. The laptop computer used in the radio frequency coverage measurement was equipped with AirMagnet 802.11a/b/g/n network controller and AirMagnet Survey Pro software. The software was used to measure the signal strength and it also measured the possible transfer capacity. The planning was based on information on the coverage area, as required by the customer.</p> <p>In addition, the Thesis briefly covers the history of WLAN, its usage and possible applications. It also goes through the Wireless IEEE 802.11 standards and their main features such as the transfer speeds and compatibility with older standards.</p> <p>In the Thesis, an execution of building a WLAN according to the plan is explained. The Installation chapter includes a description of how a RJ45 connector is to be covered in the installation chute so that the connector cannot be either by mistake or on purpose detached and thus make the WLAN defunct.</p>	
Keywords	WLAN, Planning, Installation

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Yleistä	2
2.1	Historia	2
2.2	Käyttökohteet	2
2.3	Sovelluksia	3
2.4	IEEE 802.11a/b/g/n	3
3	Käytettävät tukiasemat	4
4	Suunnittelu	5
4.1	Lähtötiedot	5
4.2	Jakamot ja kytkimet	6
4.3	Tukiasemien paikat	7
4.4	Virransyöttö tukiasemille	7
4.5	Haaroittimet	8
4.6	Radiopeittomittaukset	8
4.7	AirMagnet Survey Pro -ohjelma	10
4.7.1	Signaalin voimakkuus	10
4.7.2	Laskennallinen siirtokapasiteetti	14
4.8	Mittausraportti	16
4.9	Ongelmia suunnittelussa	18
5	Dokumentointi	19
5.1	Peittosuunnitelma	19
5.2	Työselitys	21
6	Asennus	24
6.1	Lista asennettavista tukiasemista	24
6.2	Kaapelointi	25
6.3	Suojaus	26
6.4	Jakamot	27
6.5	Ongelmat asennuksissa	28
6.5.1	Atk-rasiatietojen puuttuminen	28

6.5.2	Rikkonaiset atk-rasiat	28
6.5.3	Atk-rasioiden sijainti	29
7	Loppusanat	30
	Lähteet	31

Lyhenteet

PoE	Power Over Ethernet. Virran syöttö parikaapelia pitkin.
WLAN	Wireless Local Area Network. Langaton lähiverkko.
LAN	Local Area Network. Lähiverkko
MAC	Media Access Control. Osoite jolla laite yksilöidään Ethernet-verkossa.
AP	Access Point. Tukiasema.
b/s	bittinä sekunnissa. Tiedonsiirtonopeus.
MIMO	Multiple-Input Multiple-Output. Useampaa lähettävää ja vastaanottavaa antennia ja kanavaa käyttävä tekniikka.
EIRP	Effective-Isotropic-Radiated-Power. Pallomaisesti säteilevän lähettimen lähettämä teho.
USB	Universal Serial Bus, Tietokoneen tietoliikenneportti.
Hz	Hertsi. Taajuuden yksikkö.
PDF	Portable Document Format. Adoben kehittämä tiedostomuoto.

1 Johdanto

Tässä insinöörityössä perehdytään langattoman verkon suunnitteluun sekä sen toteutukseen. Lisäksi kerrotaan langattoman verkon historiasta, käyttötarkoituksista sekä sovelluksista. Työssä käydään myös läpi langattomien verkkojen IEEE 802.11 -standardeja ja niiden ominaisuuksia.

Suunnitteluosiossa esitellään suunnittelussa käytetty AirMagnet Survey Pro -ohjelmisto. Käydään läpi suunnittelun lähtötiedot, joiden perusteella tukiasemien paikat valitaan rakennuksessa. Esitellään suunnittelussa ja asennuksissa käytettävien tukiasemien mallit. Lisäksi käydään läpi suunnittelun eri työvaiheita, joihin kuuluivat radiopeittomittaukset, virransyötön suunnitteleminen tukiasemille ja mahdollisten haaroittimien tarpeen kartoittaminen. Suunnitteluun kuului myös mittaustulosten dokumentointi, joihin kuului laskennallisen kapasiteetista sekä signaalin voimakkuuksista tehtävä peittosuunnitelma. Peittosuunnitelma on asiakkaalle lähetettävä dokumentti, joka sisältää kuvat kuuluvuusalueista sekä laskennallinen arvio datanopeuksista. Lisäksi tehdään asentajille työohjeeksi tuleva työselitys.

Asennuksissa selvitetään käytettävät kaapelit ja niiden ominaisuudet. Selvitetään, miten käytettävä kaapeli sekä RJ45-liitos ovat suojattavissa. Työssä kerrotaan myös suunnittelussa ja asennuksissa havaittuja ongelmia ja miten ne on ratkaistu. Kerrotaan muun muassa, kuinka CAT-mittarilla haetaan kaapeli sekä kuinka sisäverkko mitataan.

Tämä insinöörityö tehtiin yhteistyössä Corenet Oy:n kanssa. Corenet Oy on perustettu vuonna 1998, ja se on VR-Yhtymä Oy:n ja TDC Oy:n yhteisyritys. Corenet Oy tuottaa ja hoitaa runkoverkkoja sekä muita pienempiä tietoliikenneasennuksia. Yritys myös valvoo verkon toimintaa ja kunnossapitää sitä vuorokauden ympäri. [1.]



Kuva 1. Corenet Oy:n logo. [1]

2 Yleistä

Langaton lähiverkko eli WLAN (Wireless Local Area Network) tai kaupallisesti käytetty termi WiFi [3] on langaton tiedonsiirtomenetelmä, jossa data siirretään ilmatietä pitkin vastaanottimen ja lähettimen välillä. WLAN:ia voidaan myös kutsua IEEE 802.11 -standardiksi. IEEE 802.11 -standardista on erikseen eri standardeja niiden ominaisuuksien perusteella. Yleisimmät standardit ovat a, b, g ja n.

2.1 Historia

IEEE (Institute of Electronic and Electrical Engineers) alkoi kehittää 802.11-standardia vuonna 1990. Vuonna 1997 IEEE julkaisi ensimmäisen 802.11 -standardinsa. Tällöin nimellinen siirtonopeus oli 1 - 2 Mb/s. Vuonna 1999 julkaistu 802.11b-standardi oli läpimurto WLAN:in yleistymisessä. [2.]

2.2 Käyttökohteet

Langattomia lähiverkkoja käytetään nykyisin paljon kotitalouksissa sen vaivattomuuden vuoksi, koska tällöin vältetään sisäverkon kaapeloinnilta. Tämä tosin vaatii sen, että verkkoa käyttävistä laitteista löytyy WLAN-lähetin-vastaanottimet. Kannettavissa tietokoneissa ne ovat jo vakiovarusteina, mutta pöytäkoneisiin usein tarvitaan erillinen pieni lähetin-vastaanotin, joka kytketään tietokoneen usb-porttiin.

Myös monissa julkisissa rakennuksissa ja -kulkuvälineissä tarjotaan ilmainen WLAN-yhteys. Tällaisia paikkoja ovat usein kirjastot, kahvilat, metrot, raitiovaunut ja kaukojunat. Myös monilla kaupungeilla on avoin WLAN-verkko kaupungin keskustassa. Vaikka useimmilla älypuhelimien omistajilla onkin datayhteys liittymässään, on avoin WLAN-yhteys on erityisesti turistien kannalta hyvä, koska verkkovierailu eli roaming-maksut ovat hyvin kalliita.

Langattoman lähiverkon suurin etu on se, että säästytään kaapeloinnilta. Ainut kaapelointi, mikä tarvitaan, on kaapelointi tukiasemalle. Tällä säästetään aikaa ja rahaa. Lisäksi jos käytössä on tukiasema sekä kytkin, joissa on PoE-ominaisuudet, ei tukiasema tarvitse tällöin erillistä sähkönsyöttöä.

2.3 Sovelluksia

Langattomia verkkoja voidaan käyttää myös apuna gps-paikannuksissa. Näissä paikannus tapahtuu käyttämällä WLAN-tukiasemien MAC-osoitteita. Paikannustarkkuus on yleensä muutamia kymmeniä metrejä.[3]

2.4 IEEE 802.11a/b/g/n

IEEE 802.11b -standardi julkaistiin vuonna 1999. Sen teoreettinen maksiminopeus on 11 Mb/s ja käyttää hyväkseen 2,4 GHz:n taajuutta, tarkemmin ilmaistuna 2,4 - 2,483 GHz:n taajuusaluetta. [4.]

Myöhemmin samana vuonna julkaistiin myös IEEE 802.11a-standardi, joka toimii 5 GHz:n taajuusalueella. Sen teoreettinen maksiminopeus on 54 Mb/s mikä on edeltäjäänsä huomattavasti nopeampi. 5 GHz:n taajuus on otettu käyttöön, koska on haluttu nostaa tiedonsiirtonopeutta. Nostamalla taajuutta saadaan kaistaa enemmän, ja tämä mahdollistaa nopeamman yhteyden. [4.]

Vuonna 2000 kehitettiin IEEE 802.11g -standardi. G-standardi toimii samalla taajuusalueella kuin b-standardikin (2,4 GHz:n). Tämän takia IEEE 802.11g on yhteensopiva b-standardin kanssa, mitä aikaisempi a-standardi ei ollut. Teoreettinen maksiminopeus pysyi kuitenkin samana kuin a-standardissa (54 Mb/s). [4.]

IEEE 802.11n on yhteensopiva aiempien a- ja g-standardien kanssa, ja se julkaistiin vuonna 2009. Suurin tiedonsiirto nopeus yhteensopivuustilassa on kuitenkin vanhemman standardin nopeus. Suurin teoreettinen maksiminopeus n-standardilla on 600 Mb/s, mikä on huomattavasti enemmän kuin edeltävissä standardeissa. Tämän mahdollistaa MIMO-tekniikka, jossa käytetään useampaa antennia ja kanavaa vastaanottamaan ja lähettämään dataa. [4.]

Seuraavassa taulukossa on yhteenveto eri standardeista. Taulukossa esitetään standardien käyttämä taajuusalue sekä suurin tiedonsiirtonopeus teoriassa ja käytännössä (taulukko 1).

	IEEE 802.11 (Wi-Fi)			
Ominaisuuksia	a	b	g	n
Taajuusalue [GHz]	5	2,4	2,4	2,4 / 5
Nopeus [Mb/s]				
teoriassa	54	11	54	600
käytännössä	32	5	32	100

Taulukko 1. Yleisimpien WLAN-tekniikoiden nopeustaulukko [5]

3 Käytettävät tukiasemat

Suunnittelussa käytettiin Ciscon AIR-LAP-1142N-E-K9 ”stand-alone” -tukiasemia ja kohteeseen asennettiin Ciscon AIR-LAP-1142N-E-K9 ”kontrollerin alaisena toimivat” -tukiasemat.

Ciscon AIR-LAP-1140 -sarja on energiatehokas WLAN-tukiasema sisäkäyttöön. Tukiasemassa on integroidut antennit, joten ulkoisia antennoja ei ole. AIR-LAP-1142N-E-K9 käyttää IEEE 802.11a/g/n -standardeja.

Tukiasema on mitoiltaan 22,1 x 22,1 x 4,7 cm ilman asennusrautaa ja painaa 1,04 kg [9]. Tukiasema on väriltään valkoinen, joten se ei erotu vaaleasta seinästä (kuva 2).



Kuva 2. Cisco AIR-LAP-1142N-E-K9 -tukiasema [8]

4 Suunnittelu

Suunnitteluun kuului tukiasemien paikkojen kartoittaminen, peittosuunnitelman ja työselvityksen tekeminen. Työselitystä varten etsittiin jakamoiden paikat ja merkattiin ylös kytkinten nimet ja porttitiedot. Lisäksi huomioitavia asioita olivat virransyötön suunnittelu tukiasemille sekä mahdollisesti tarvittavien haaroittimien tarpeen selvittäminen. Alustavia töitä suunnittelussa oli perehtyminen lähtötietoihin, joista selvisivät halutut kuuluvuusalueet.

Suunnittelussa tukiasemien määrä pyrittiin saamaan mahdollisimman vähäiseksi halutun peittoalueen ja kapasiteetin puitteissa. Tukiasemien alustavat paikat arvioitiin ensin pohjakuvasta jonka pohjalta radiopeittomittauksia lähdettiin tekemään. Mittaukset suoritettiin kannettavalla tietokoneella, johon oli asennettu AirMagnet Survey Pro -ohjelma.

4.1 Lähtötiedot

Asiakas määritteli halutut kuuluvuusalueet rajaamalla rakennuksen pohjakuvaan tilat, joissa halusi langattoman verkon toimivan. Tässä tapauksessa rajat oli piirretty korostussilla (kuva 3).



Kuva 3. Asiakkaan haluamat kuuluvuusalueet.

Tässä pohjakuvassa rajattuina on auditorio, liikuntasali, aula, kirjasto sekä neljä luokahuonetta.

4.2 Jakamot ja kytkimet

Kohteessa ensimmäiseksi etsittiin jakamot ja merkattiin niiden tunnuksat ja paikat pohjakuviin. Tämä helpottaa myös asentajien työtä, koska tällöin säästytään jakamoiden uudestaan etsimiseltä. Jakamot kuvattiin ja jakamoiden kytkinten nimet kirjattiin ylös. Samalla laskettiin kytkinten vapaat portit. Porttien laskeminen oli tärkeää, koska myöhemmin, kun tiedetään, montako tukiasemaa kyseiseen jakamoon kytketään, osataan tilata uusi kytkin, jos vapaita portteja ei ole riittävästi.

4.3 Tukiasemien paikat

WLAN-tukiasemien paikkojen suunnittelu aloitettiin skaalaamalla kohteen pohjakuvat oikeaan kokoon AirMagnet-ohjelmalle. Koska mittaukset suoritetaan kävelemällä mitattavissa tiloissa, on pohjakuvien oltava oikeassa mittakaavassa, jotta ohjelma tietää, missä kohtaa pohjakuvaa mittaaja kulkee. Näin mittatuloksista saadaan totuudenmukaiset.

Tukiasemien sijoittelussa otettiin huomioon rakennuksen yleiskaapelointi. Tukiasemat sijoitettiin lähelle atk-rasioita, jotta säästettiin ylimääräisiltä pitkiltä kaapelin vedoilta. Asiakkaan toivomuksesta tukiasemat tuli sijoittaa opettajan pöydän takana olevalle seinälle. Paikkana tämä oli erinomainen, koska lähiverkko oli rakennettu niin, että atk-rasiat sijaitsivat luokan etuseinällä.

Yleensä opetustiloissa riitti, että tukiasemat sijoitettiin joka toiseen tilaan. Näissä tiloissa voidaan olettaa, että molemmissa vierekkäisissä luokahuoneissa ei tarvita yhtäikaa langatonta lähiverkkoa. Luokahuone, jossa ei ole omaa tukiasemaa, käyttää viereisten tilojen tukiasemia. Tällä tavalla saadaan kuitenkin tarpeeksi kattava peitto ja riittävä kapasiteetti.

Rakennuksessa oli myös tiloja, jotka tarvitsivat omat tukiasemat. Tällaisia tiloja olivat muun muassa auditorio ja atk-luokat. Näissä tiloissa langatonta verkkoa käyttäviä laitteita on paljon ja tämän takia tiloihin on asennettava omat tukiasemat, jotta kapasiteetti on riittävä.

4.4 Virransyöttö tukiasemille

Virransyöttö tukiasemille toteutettiin PoE-syötöllä. Tämä tarkoittaa sitä, että tukiasema saa tarvitsemansa virran kytkimeltä, jossa on PoE-ominaisuus. Eli sähkö saadaan tukiasemalle rakennuksen sisäverkko kaapeloinnissa, samassa missä datakin. Jos PoE-kytkimiä ei olisi ollut, olisi virransyöttöön täytynyt käyttää PoE-injektoria (kuva 4).



Kuva 4. Ciscon PoE-injektori [6]

PoE-injektorin sisäänmenoon (To Switch) kytketään kytkimeltä tuleva verkkokaapeli ja injektorin ulostuloon (To AP) kytketään verkkokaapeli sisäverkon kytkentäpaneelille. PoE-injektorit asennetaan jakamoon kytkimen ja kytkentäpaneelin välille. Jokainen tukiasema tarvitsee oman PoE-injektorin toimiakseen, koska yhteen PoE-injektoriin voidaan kytkeä vain yksi tukiasema.

4.5 Haaroittimet

Tilat, joissa kaikki atk-rasiat olivat käytössä, tarvitsivat joko data-data tai data-tele -haaroittimen riippuen rasian käytöstä. Jos molemmissa rasian pisteissä oli tietokone, käytettiin Data-data-haaroitinta. Data-tele-haaroitinta käytettiin, jos rasiassa oli kiinni puhelin ja tietokone. Haaroittimia tarvittiin aina kaksi kappaletta, koska toinen haaroitin asennetaan jakamoon ja toinen rasiaan. Tärkeää huomioitavaa on, ettei tukiasemaa voi kytkeä haaroittimen läpi vaan tukiasema tarvitsee aina oman johdon.

4.6 Radiopeittomittaukset

Radiopeittomittaukset suoritettiin HP:n 8510w kannettavalla tietokoneella, jossa oli AirMagnet 802.11a/b/g/n -verkkokortti. Koneeseen oli asennettu AirMagnet Survey Pro

-mittausohjelma. Radiopeittomittauksissa saadaan mitattua signaalin voimakkuus sekä ohjelman laskema laskennallinen siirtokapasiteetti.

Testitukiasemina oli Ciscon AIR-LAP-1142N-E-K9 "stand-alone" -tukiasemat. Testitukiasemat toimivat mittausten ajan 11 dBm:n EIRP-lähetysteholla. Mittausta varten pystytettiin kaksi testitukiasemaa tulevien tukiasemien kohdille. Testitukiasemat saatiin mittausten ajaksi halutuille paikoille säädettävillä teleskooppivartisten telineiden avulla (kuva 5). Testitukiasemaa ei pystytetty, jos tilassa oli jo ennestään tukiasema. Tällöin käytössä olevan tukiaseman signaali otettiin mittauksissa huomioon.



Kuva 5. Testitukiasema teleskooppivarren päässä.

4.7 AirMagnet Survey Pro -ohjelma

AirMagnet Survey Pro -ohjelma on WLAN-verkon suunnittelu- ja testausohjelma. Ohjelman toiminta perustuu kohteen pohjakuvaan, jotka ladataan ohjelmaan ennen mittauksia.

Ennen mittauksia pohjakuvat täytyi skaalata oikeaan kokoon AirMagnet-ohjelmalle. Skaalaus tehtiin joko pohjakuvissa valmiina olevien mitta-asteikoiden avulla tai mittaamalla pohjakuvasta jokin tiedossa oleva mitta ja käyttämällä sitä apuna. Jos pohjakuvasta puuttui mitta-asteikko, täytyi pohjakuvasta etsiä jokin tiedossa oleva mitta. Tässä työssä osassa pohjakuvista käytimme oven suuaukon leveyttä olettaen sen olevan 80 cm leveä. Näin pohjakuva saatiin skaalattua oikeaan kokoon. Jos pohjakuvista löytyi mitta-asteikko, skaalaus kävi nopeasti käyttämällä AirMagnet-ohjelman omaa mittaus työkalua.

Mittaukset suoritettiin kävelemällä mitattavalla alueella ja samalla klikkaamalla tietokoneella AirMagnet Survey Pro -ohjelmassa pohjakuvaa kävelyn mukaisesti. Mittaukset suoritettiin tiloista, joissa tukiasemat olivat. Lisäksi myös viereiset tilat kierrettiin, jotta kuuluvuus saatiin mitattua myös ympäristöstä.

Jotta ohjelma sai oikean paikkatiedon, oli kävelijän kuljettava suoraan ja tasaista vauhtia kilkkausten välillä. Ohjelma kerää ja tallentaa samalla kaikkien kuulemiensa tukiasemien tiedot oikeaan kohtaan pohjakuvaan klikkausten antamien paikkatietojen perusteella. Mittausdata tallennettiin, kun mittaus on valmis kyseiseltä alueelta.

WLAN-verkon alimmaksi signaalitasoksi laitevalmistaja suosittelee -75 dBm ja alimmaksi signaali kohinasuhteeksi 25 dB. Noudatimme laitevalmistajan suosituksia näissä radiopeittomittauksissa.

4.7.1 Signaalin voimakkuus

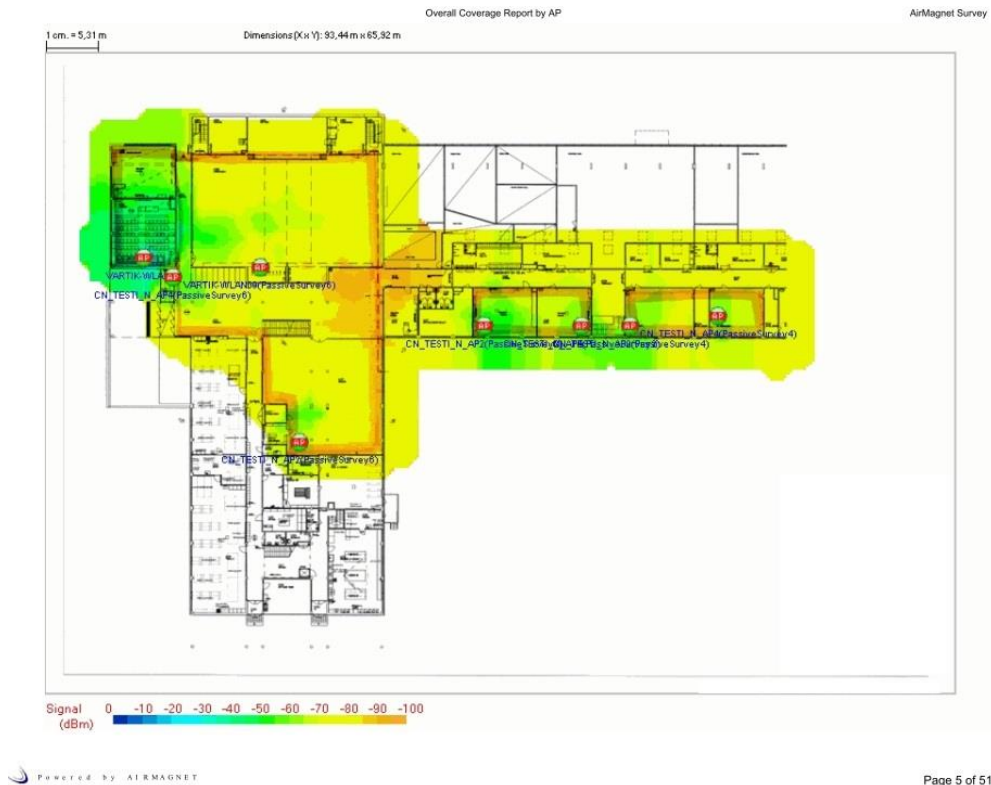
Signaalin voimakkuus kertoo kuultavissa olevista tukiasemista saatavan signaalin voimakkuuden. Mittatulokseksi saadaan dBm, mikä tarkoittaa desibelimäärää suhteessa milliwattiin.[10]

Esimerkkeinä signaalien voimakkuudesta kertovat seuraavat kuvat. Molemmat kuvat ovat rakennuksen ensimmäisestä kerroksesta, jossa sijaitsee aula, kirjasto, auditorio, liikuntasali ja luokkahuoneita. Tukiasemat on merkitty kuvaan punaisella ympyrällä joissa lukee AP (Access Point eli tukiasema).

Kuva 6 kuvaa 2,4 GHz:n taajuuden signaalin voimakkuuden ja kuva 7 kuvaa 5,0 GHz:n taajuuden signaalin voimakkuuden.



Kuva 6. Signaalin voimakkuus 2,4 GHz:n taajuudella.



Kuva 7. Signaalin voimakkuus 5,0 GHz:ta taajuudella.

Kuvista voi huomata, että 2,4 GHz:n taajuus kuuluu paremmin kuin korkeampi 5,0 GHz:n taajuus. Tämä johtuu siitä, että matalat taajuudet menevät paremmin läpi rakenteista kuin korkeat taajuudet. Lisäksi korkeat taajuudet vaimenevat nopeammin kuin matalat taajuudet. Tämä johtuu vapaan tilan vaimennuksesta.

Vapaan tilan vaimennus tarkoittaa sitä, että signaali vaimenee esteettömässä tilassa etäisyyden kasvaessa tukiasemasta. Vapaan tilan vaimennus (N) on laskettavissa seuraavalla kaavalla:

$$N = 10 \log_{10} \left(\frac{4\pi \cdot d \cdot f}{c} \right)^2, \text{ jossa}$$

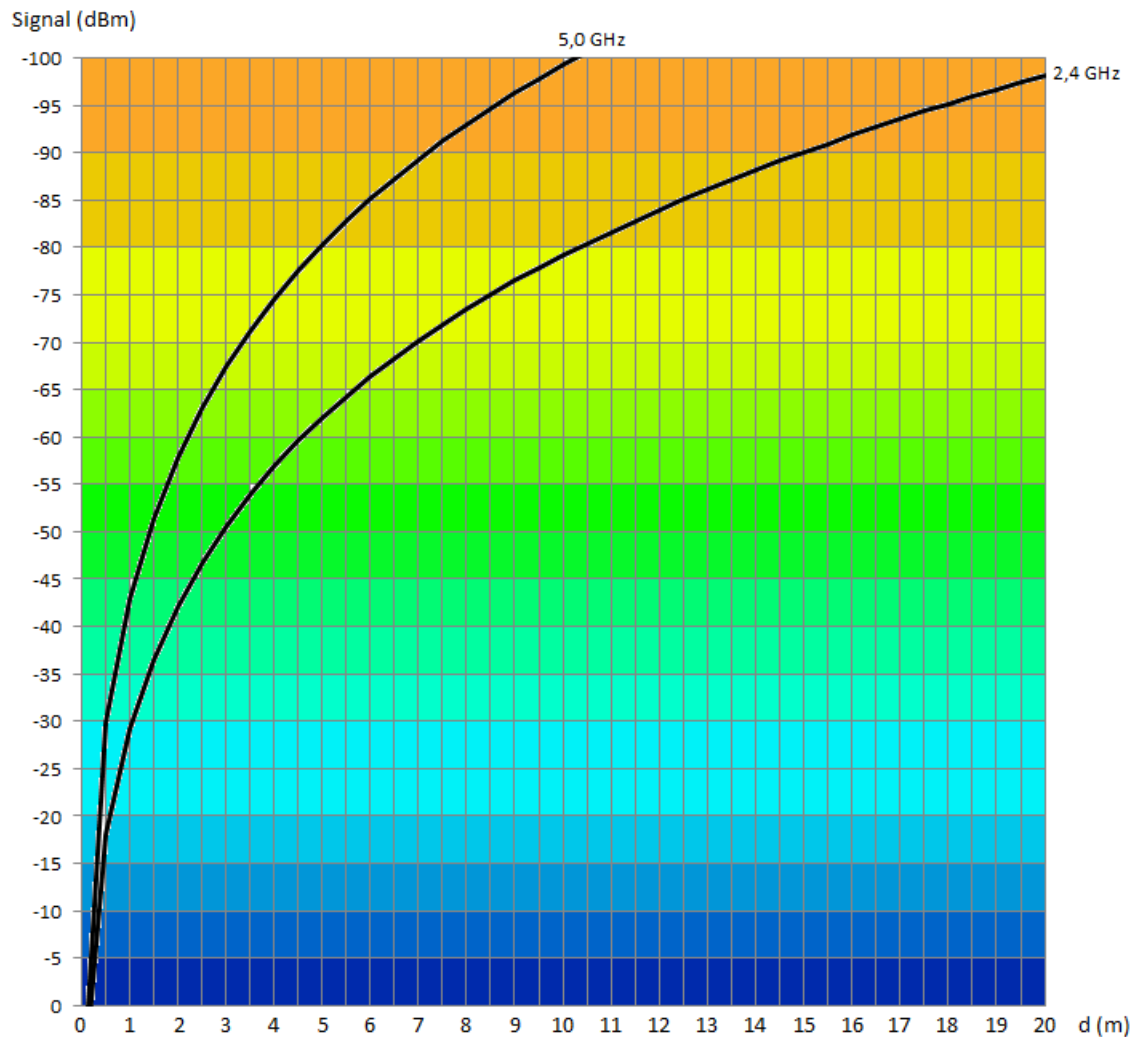
- d = etäisyys tukiasemasta (m)
- f = käytettävä taajuus (Hz)
- c = valonnopeus (m/s)

Saadun vastauksen yksikkö on desibeli (dB).

Jotta vastaanotettu teho voidaan laskea, laskuissa täytyy ottaa huomioon lähettimen teho, joka on 11 dBm. Lähettimen tehosta täytyy vähentää vapaan tilan vaimennus.

$$\text{Signal} = 11 \text{ dBm} - N$$

Kuvassa 8 on kuvattu 2,4 GHz:n ja 5,0 GHz:n signaalien lasketut vahvuudet etäisyyden kasvaessa tukiasemasta).



Kuva 8. Laskennallinen signaalin voimakkuus.

Laskettu signaalin voimakkuus ja mitattu signaalin voimakkuus ovat hyvin lähellä samoja tuloksia. Mitatuissa signaalin vahvuuksissa tuloksissa otetaan huomioon myös ympäröivät tukiasemat, joten tämän takia alle -80 dBm tuloksia ei ole kuin vain reunoilla.

Hyväksyttävänä raja-arvona signaalille pidettiin -80 dBm. Kuvasta 8 huomaa, miten nopeasti 5,0 GHz:n signaali vaimenee verrattuna 2,4 GHz:n taajuuteen. 2,4 GHz:n taajuus on hyväksyttävissä vielä kymmenessä metrissä ja 5,0 GHz:n taajuus viidessä metrissä.

4.7.2 Laskennallinen siirtokapasiteetti

Laskennallisella siirtokapasiteetilla tarkoitetaan sitä, että AirMagnet-ohjelma laskee suurimman käytettävän data nopeuden eli siirtonopeuden. Nopeus ilmoitetaan megabitteinä sekunnissa (Mbps). Laskennallinen siirtokapasiteetti ei ole absoluuttinen totuus verkon suorituskyvystä vaan suuntaa antava.

Kuvassa 9 on esitetty 2,4 GHz:n taajuuden laskennallinen kapasiteetti ja kuvassa 10 on esitetty 5,0 GHz:n laskennallinen kapasiteetti.



Kuva 9. Laskennallinen kapasiteetti 2,4 GHz:n taajuudella.



Kuva 10. Laskennallinen kapasiteetti 5,0 GHz:n taajuudella.

Kuvista näkee, että korkeampi 5,0 GHz:n taajuus antaa parhaan kapasiteetin aivan tukiaseman vieressä. Mitä kauemmaksi tukiasemasta siirrytään sen hitaammaksi yhteys muuttuu. Tämä johtuu signaalin heikkenemisestä eli vapaan tilan vaimennuksesta. Mitä kauemmaksi tukiasemasta siirrytään sitä pienemmäksi signaali-kohinasuhde (S/N) muuttuu, koska lähetettävään signaalin sekoittuu muita signaaleja kuten toisia tukiasemia. Kuvassa 11 on esitetty samasta tilasta saatu signaali-kohinasuhde (S/N).



Kuva 11. Signaali-kohinasuhde (S/N) 2,4 GHz:n taajuudelle.

Teoriassa suurin saavutettavissa oleva siirto kapasiteetti C on laskettavissa Shannonin teoreemalla, joka on $C = W \cdot \log_2(1 + S/N)$, missä

- W = kaistanleveys (Hz)
- S/N = signaali-kohinasuhde (Hz)

Vastauksen yksiköksi saadaan bittiä sekunnissa (b/s).

4.8 Mittausraportti

Mittausraporttia täytettiin koko mittauksen ajan ja jokaisesta uudesta mittauksesta tehtiin uusi mittausraportti. Mittausraportissa tuli täyttää seuraavat kohdat:

- tilan nimi tai numero johon tukiasema asennetaan (AP Huone/tila nro)

- mittauksen survey-numero (Survey nro)
- onko kyseisessä tilassa Ethernet-rasia (Ethernet rasia k/e)
- Ethernet-rasian etäisyys tukiasemasta (etäisyys tukiasemasta)
- rasian tunnus (ristikyt kentätila)
- miten tukiasema kiinnitetään (tukiaseman kiinnitys)
- käytetäänkö PoE- vai AC-syöttöä (PoE/AC-syöttö)
- muovilistan pituus, jos kaapeli täytyy piilottaa (listan pituus)
- onko asennuspaikasta kuvaa (kuva asennuspaikasta k/e)

Koska yhdellä mittauksella saadaan aina kaksi surveyta (2,4GHz ja 5,0 GHz) survey-numeroita tulee aina kaksi. Ensimmäinen mittaus on siis survey 1&2 ja seuraava luonnollisesti 3&4. Survey numeroinnit aloitettiin alusta aina, kun vaihdettiin uuteen pohjakuvaan. Numerointi aloitetaan alusta, koska AirMagnet -ohjelma kirjaa mittaukset tällä tavalla. Näin kirjattu tieto ja AirMagnet-ohjelman tiedot saadaan samoiksi.

Kuvassa 12 on mittausraportin pohja, johon mittausten tiedot kirjataan ylös. Kirjaus tapahtui käsin kirjoittamalla.

Päivämäärä, kellonaika noin	
Kohde	
Työ/projektinumero	
Vo Wlan/Data Wlan?	
Users/AP?	
AP Huone/tila nro	
Tukiasema tyyppi	
Survey nro	
Kerros	
Ethernet rasia k/e	
rasia nro	
etäisyys tukiasemasta	
ristikytkenätila	
Tukiaseman kiinnitys	
POE/AC syöttö	
etäisyys tukiasemasta	
Listan pituus	
Kuva asennusta k/e	
nro	

Päivämäärä, kellonaika noin	
Kohde	
Työ/projektinumero	
Vo Wlan/Data Wlan?	
Users/AP?	
AP Huone/tila nro	
Tukiasema tyyppi	
Survey nro	
Kerros	
Ethernet rasia k/e	
rasia nro	
etäisyys tukiasemasta	
ristikytkenätila	
Tukiaseman kiinnitys	
POE/AC syöttö	
etäisyys tukiasemasta	
Listan pituus	
Kuva asennusta k/e	
nro	

Kuva 12. Mittausraporttipohja

4.9 Ongelmia suunnittelussa

Suunnittelussa ongelmaksi tuli joidenkin jakamoiden löytyminen. Jakamoiden löytäminen oli haastavaa puutteellisten jakamoiden merkintöjen vuoksi. Tämä ongelma tuli vastaan uudestaan asennusvaiheessa, koska yksi jakamo oli jäänyt löytämättä.

Myös kantavat väliseinät aiheuttivat ongelmia yhdessä tilassa. Alustavan suunnitelman mukaisesti kyseiseen tilaan ei olisi tarvinnut laittaa omaa tukiasemaa, koska molem-

missa viereisissä tiloissa oli tukiasemat. Oletetussa tilanteessa signaali olisi kantanut kevyiden seinien läpi. Tässä tapauksessa tila tarvitsi oman tukiaseman, koska molemmat seinät olivat kantavia seiniä eikä signaali mennyt niistä läpi.

5 Dokumentointi

Mittausten jälkeen mittaukset dokumentoitiin ja niistä tehtiin asiakkaalle peittosuunnitelma sekä asentajille työselitys. Molemmat dokumentit toteutettiin Microsoft Office Word –tekstinkäsittelyohjelmalla, jotka tallennettiin myös PDF-muotoon.

Tämän jälkeen dokumentit lähetettiin PDF-muodossa asiakkaalle, jonka jälkeen asiakas hyväksyi tai teki korjaukset peittosuunnitelmaan. Muutokset korjattiin työselitykseen, jos muutokset koskivat tukiasemien määrää. Tämä tarkoittaa sitä, että ylimääräiset tukiasemat poistettiin pohjakuvista sekä kyseisten tukiasemien asennusohjeet poistettiin työselitysdokumentista.

5.1 Peittosuunnitelma

Peittosuunnitelma on asiakkaalle lähetettävä dokumentti, josta käy ilmi tukiasemien radiopeitto eli mitatut kuuluvuusalueet ja laskennallinen kapasiteetti. 2,4 GHz:n ja 5 GHz:n taajuuksien kuuluvuusalueet sekä laskennalliset kapasiteetit on esitetty omissa kuvissaan. Lisäksi kuvissa näkyy karkeasti tukiasemien paikat, mitkä on merkitty punaisella pallolla. Tukiasemien paikat lisätään pohjakuvaan mittausten jälkeen käyttäen AirMagnet-ohjelmaa.

Yhtä kerrosta tai osaa kohti tulee neljä sivua. Molempien taajuuksien (2,4GHz ja 5,0 GHz) signaalinvoimakkuudet ja niiden laskennalliset kapasiteetit esitetään omilla sivuillaan selkeyden vuoksi. Seuraavassa kuvassa on esimerkki peittosuunnitelman sivulta, jossa on esitetty 2,5 GHz:n signaalinvoimakkuus (kuva 13).



Laatijat: Ville Ruuskanen

PEITTOSUUNNITELMA

15(50)

Hyväksyjä:

Asiakkaan hyväksyjä

Pvm	Rev
5.12.2012	1.0

1.8 Ensimmäisen kerroksen WLAN radiopeitto ja kapasiteetti



Kuva 10 - signaali voimakkuus ensimmäinen kerros kahdeksalla tukiasemalla 2,4 GHz taajuudella

Kuva 13. Peittosuunnitelman sivu

Peittosuunnitelmaan kirjoitetaan tieto siitä, kuinka monella tukiasemalla verkko on toteutettu kyseisessä rakennuksen osassa. Tässä tapauksessa radiopeitto on tehty kahdeksalla tukiasemalla.

5.2 Työselitys

Työselitys on asentajille tarkoitettu asennusohje. Työselityksestä käyvät tarkemmin ilmi tukiasemien ja jakamoiden paikat. Tukiasemien paikat ja tukiasemien nimet merkattiin punaisella ja jakamot ja jakamoiden tunnukset merkattiin sinisellä rakennuksen pohjakuviin (kuva 14). Tämä tehtiin käyttäen Windowsin omaa Paint-kuvankäsittelyohjelmaa.



Kuva 14. Työselitykseen kuuluva pohjakuva, johon on merkattu tukiasemien paikat sekä yksi jakamo.

Lisäksi asennusta helpottamaan on tukiasemien paikoista otettu valokuva (kuva 5). Tukiasema asennetaan samaan kohtaan kuin missä testitukiasema on valokuvassa.

Lisäksi työselityksestä käyvät ilmi

- huoneen tai tilan tunnus
- tukiaseman nimi
- paikka (asennetaanko tukiasema seinälle vai kattoon)
- kiinnitystapa (ruuveilla seinään/kattoon vai kiskokiinnikkeellä välikaton kattolevyjen rankaan)
- atk-rasian tunnus
- käytettävä kaapelin pituus.

Työselityksen alkuun laitetaan yhteyshenkilöiden nimet ja numerot sekä kerrotaan käytettävän tukiaseman malli. Mukaan liitetään myös lyhyt tukiaseman asennusohje.

Jos kaapeli asennetaan muoviseen asennuslistaan ulkonäön tai suojauksen vuoksi, se ilmoitetaan työselityksessä. Mukaan liitetään myös sanallinen selitys rasian sijainnista. Jos RJ45-liitos halutaan suojata piilottamalla liitos johtokanavaan, se ilmoitetaan myös tässä. Kuvassa 15 on sivu työselityksestä.

- WLAN14

Huone	Tukiasema	Paikka	Kiinnitys	Rasia	kaapeli
Auditorio	WLAN14	seinä	betonipropuilla ja ruuveilla betoniseinään	ATK02.06	3m

- o Vapaa-ateria ATK02.06 on johtokanavassa
- o Liitäntä on suojattavissa "pudottamalla" liitinyksikkö johtokanavaan
- o Johto muovilistaan johtokanavaan



Kuva 19 – WLAN14 asennuspaikka auditoriossa

Työselityksen lopussa on myös lista tarvittavista tarvikkeista kuten

- asennettavien tukiasemien mallista ja määrästä.
- tarvittavien kaapeleiden pituuksista ja niiden määrästä.
- asennustarvikkeista (ruuvit, propit ja nippusiteet).

6 Asennus

Lähiverkon toteutukseen kuului tukiasemien asentaminen niille suunnitelluille paikoille, kaapeleiden suojaus sekä jakamoissa kytkeminen. Lisäksi asennuksiin kuului listan tekeminen asennetuista tukiasemista ja sen lähettäminen myöhemmin Corenetin Noc:iin, joka hoiti kytkinten konfiguroinnin ja tukiasemien käyttöönoton.

Asennuksissa jouduttiin käyttämään CAT-mittaria. Mittarilla etsittiin kaapelit, jos rasia-tiedot olivat puutteelliset. Myös sisäverkkoa jouduttiin mittaamaan viallisten rasioiden vuoksi.

6.1 Lista asennettavista tukiasemista

Ennen asennuksia täytettiin lista asennettavista tukiasemista (kuva 16). Listasta kävi ilmi kohteen nimi, tukiasemien nimet, sijainti ja mahdollinen rasia ja haluttu kytkin ja kytkimen portti. Lista tulostettiin ennen asennuksille lähtöä.

CAT5-kaapelissa 100 MHz. Molempien kaapeleiden suurin tiedonsiirtonopeus on 1 Gb/s. [7]

6.3 Suojaus

Asiakas halusi, että johtoliitos suojataan kaapelikouruun tai atk-rasian sisälle. Tarkoituksena on, ettei WLAN-tukiasemaa pysty epähuomiossa tai tahallaan irrottamaan. Kaapelin irrottamisesta seuraisi tukiaseman sammuminen ja sen seurauksena WLAN-verkon katoaminen.

Koska RJ45-liitin ei mahtunut atk-rasian sisään, piti liitin saada johtokouruun. Vaihtoehtoina oli purkaa RJ-45-liitin ja tehdä se uudestaan tai loveta rasiaa sen verran, että kaapelin sai pois rasian sisältä. Päädyimme viimeiseen ratkaisuun nopeuden vuoksi.

Liitos suojattiin purkamalla rasia ja tekemällä sisäänmenoon lovi tai isompi reikä, josta kaapeli saatiin ulos. Valmis liitin johtoineen on suojassa johtokourussa alumiinikannen alla (kuva 17).



Kuva 17. Avattu rasia ja johtokouru, jossa irrotettu RJ45-liitin.

Ethernet-kaapeli kuljetettiin johtokourussa tukiaseman vierelle asti. Kourun kylkeen tehtiin reikä, josta kaapeli saatiin liittimineen ulos. Jotta alumiinikouru ei vahingoittaisi kaapelia ajansaatossa, reikään laitettiin läpivientisuoja.

6.4 Jakamot

Kun kaikki tukiasemat oli asennettu, kytkettiin kerrosjakamoissa tukiaseman rasia haluttuun kytkimen porttiin.

Kaapeloinnin onnistumisen pystyi karkeasti arvioimaan kytkimen portin valoista. Jos kytkimen portti muuttui keltaiseksi (Alcatelin kytkin), voitiin olettaa, että tukiasema oli kytketty oikeaan rasiaan.

Portin väri ei kuitenkaan vielä taannut, että asennus oli onnistunut. Jos kaapeloinnissa oli ongelmia esimerkiksi yksi johdin katki, ei tätä pystytty huomaamaan kuin vasta tukiaseman valoista. Viat kaapeloinnissa tuli ilmi viimeistään siinä vaiheessa, kun Corenetin Noc teki tukiasemille käyttöönoton.

6.5 Ongelmat asennuksissa

Ongelmia asennuksissa aiheuttivat rasiatietojen puuttuminen, rikkonaiset atk-rasiat ja atk-rasioiden edessä olevat kalusteet.

6.5.1 Atk-rasiatietojen puuttuminen

Ongelmia aiheutti rasiatietojen puuttuminen, kuten jo suunnitteluvaiheessa todettiin. Asennusvaiheessa rasiatietojen puuttuminen on suurempi ongelma koska ilman rasiatietoja jakamossa kytkeminen on mahdotonta. Rasiatiedon pystyi pääättelemään, jos samasta tilasta löytyi edes yksi merkattu rasia. Tällöin rasian numeron pystyi laskemaan. Muussa tapauksessa rasia etsittiin CAT-mittarilla.

CAT-mittarin lähetinosa kytkettiin tilassa sijaitsevaan atk-rasiaan ja mittarin vastaanottimella käytiin ristikytkennässä läpi kaikki vapaana olevat kytkentäpaikat. Oikean kaapelin löydyttyä mittari antoi äänimerkin.

Tämän jälkeen atk-rasia nimettiin Dymo-kirjoittimella, jotta kaapeli löytyy seuraavan kerran helpommin ristikytkennässä. Nimitarrasta tulee käydä ilmi ristikytkentätilan tunnus sekä rasian numero.

6.5.2 Rikkonaiset atk-rasiat

CAT-mittaria käytettiin apuna myös, jos tukiasema ei jostain syystä saanut signaalia tai yhteys oli puutteellinen. Näissä tapauksissa mitattiin sisäverkko, jotta nähdään, missä kohtaa kaapelia vika on. Viat näissä tapauksissa oli aina huonosti tehty RJ45-liitin.

Yleisimmin vika oli atk-rasian puolella, mutta vika saattoi olla myös ristikytken puolella tai molemmissa.

Osasta RJ45-liittimistä pystyi silmämääräisesti näkemään, että kaikki johdot eivät olleet kunnolla kiinni liittimessä. Tällöin irtonaiset johdot liitettiin liittimeen uudestaan. Kaapeli mitattiin aina tämän jälkeen CAT-mittarilla, jotta varmistuttiin, että kaapelin molemmat päät ovat kunnossa.

6.5.3 Atk-rasioiden sijainti

Myös atk-rasioiden paikat aiheuttivat ongelmia asennuksessa. Osa atk-rasioista sijaitsi opettajan pöydän alla, tietokoneen keskusyksikön takana. Pöydät olivat usein hankalasti siirrettäviä, koska pöytiin ei ollut varattu riittävän pitkiä johtoja. Tästä johtuen työasento oli välillä kovin hankala.

Suunnitteluvaiheessa vapaana olevaan atk-rasiaan oli saatettu kytkeä jokin toinen laite ja tämän takia rasiatieto ei enää pitänyt paikkaansa. Tässä kohteessa RJ45-rasioista ei kuitenkaan ollut pulaa, joten tällöin tukiasema kytkettiin vain toiseen rasiaan.

7 Loppusanat

Työn tavoitteena oli suunnitella WLAN-verkko radiomittaustekniikalla käyttämällä Air-Magnet-ohjelmaa. WLAN-verkko oli tarkoitus toteuttaa mahdollisimman vähillä WLAN-tukiasemilla säilyttäen signaalitaso sekä kapasiteetti halutuissa arvoissa asiakkaan antamien lähtötietojen perusteella. Tämän jälkeen mittatulokset tuli dokumentoida ja tehdä niistä peittosuunnitelma asiakkaalle sekä työselitys asentajille.

Parannettavaa tässä työssä olisi ollut tukiasemien nimeämisessä, koska tukiasemien numerointi hyppi harmittavasti. Tukiasemia nimetessä olisi kannattanut tehdä lista asennettavista tukiasemista jolloin lista asennuksia varten olisi ollut jo valmiina. Näin tukiasemat olisi saatu listaan numerojärjestyksessä. Lisäksi listan asennettavista tukiasemista olisi voinut sisällyttää jo valmiiksi työselitykseen.

Kehitysideani on, että työselitykseen liitetään Excel-taulukko asennettavista tukiasemista. Taulukosta tulisi käydä ilmi asennettavien tukiasemien nimet, sijainti, rasiatiedot ja tieto kytkimen portista. Lisäksi tyhjät sarakkeet MAC-osoitteelle ja huomio-sarakkeelle.

Tässä työssä käytetyt pohjakuvat on tehty malliesimerkeiksi eivätkä pidä täysin paikkaansa. Lisäksi peittosuunnitelman ja työselityksen sivut on muokattu tätä insinöörityötä varten luottamuksellisten tietojen vuoksi.

Lopuksi tahdon kiittää Corenet Oy:tä, joka mahdollisti tämän insinöörityön, sekä työkaivereita, jotka olivat tässä projektissa mukana.

Lähteet

- 1 Corenet Oy:n verkkosivut [verkkomedia] Saatavissa: www.corenet.fi Luettu 21.04.2013.
- 2 Muropaketti verkkosivut [verkkomedia] Saatavissa: <http://muropaketti.com/artikkelit/sekalaiset/wlan> Luettu 15.04.2013.
- 3 WLAN Wikipedian verkkosivut [verkkodokumentti] Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/WLAN> Luettu 02.04.2013.
- 4 IEEE_802.11 Wikipedian verkkosivut [verkkodokumentti] Saatavissa: http://fi.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11 Luettu 02.04.2013.
- 5 Jaakohuhta Hannu, 2005. Lähiverkot – Ethernet. 4.painos. Helsinki: Edita Prima Oy.
- 6 Unlimited Network Solutions verkkosivut [kuva] Saatavissa: http://www.uns-inc.com/media/catalog/product/cache/1/image/05fa0ab421f5c7ad29f4a5d5dae99a69/a/i/air-pwrinj4_1.jpg Luettu 22.04.2013.
- 7 Kaapeliguru:n verkkosivut [verkkomedia] Saatavissa: <http://www.kaapeliguru.fi/verkkokaapelin-maksimipituus> Luettu 21.04.2013.
- 8 Wifigear-verkkosivut [kuva] Saatavissa: <http://www.wifigear.co.uk/productimages/fullsize/A445BEFB-1001-42D8-B7A4-6B9F807E900E.png> Luettu 05.05.2013.
- 9 Wifigear-verkkosivut [PDF-dokumentti] Saatavissa: <http://www.wifigear.co.uk/cisco-aironet-1142n-80211n-series-access-point-air-lap1142n-e-k9> Luettu 21.04.2013.
- 10 Desibeli Wikipedian verkkosivut [verkkodokumentti] Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Desibeli> Luettu 08.05.2013.